

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2000年 5月30日

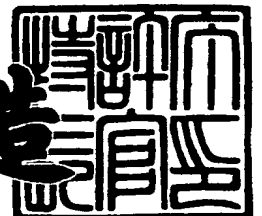
出 願 番 号  
Application Number: 特願2000-159445

出 願 人  
Applicant (s): 松下電器産業株式会社

2000年12月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3098090

【書類名】 特許願

【整理番号】 2907622594

【提出日】 平成12年 5月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01P 15/00

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号 松下通信  
工業株式会社内

    【氏名】 馬場 啓之

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号 松下通信  
工業株式会社内

    【氏名】 村田 紀行

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100072604

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 有我 軍一郎

    【電話番号】 03-3370-2470

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 006529

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9908698

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加速度センサー

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 振動板に、平板形状に形成した圧電素子を固設して、加えられた加速度に応じた前記振動板の振動変形により前記圧電素子に発生する電圧によって前記加速度を検出する加速度センサーであって、

前記圧電素子および前記振動板の振動方向の空間距離を、前記圧電素子および前記振動板の平面方向の空間距離の 0.1 倍以下になるように設定したケース内に、前記圧電素子および前記振動板を収装したことを特徴とする加速度センサー

。

【請求項 2】 前記振動板を円盤形状に形成するとともに前記圧電素子をドーナツ形状に形成して、前記圧電素子を固設した前記振動板の中央部を、前記ケースの固定側ケースに立設した支柱により支持させる一方、

前記圧電素子の電極に電氣的に接続する接続用端子を前記ケースの接続側ケースに配設し、

前記固定側ケースと前記接続側ケースの端部を嵌合することにより、前記固定側ケースの前記振動板に対する対向面間距離および前記接続側ケースの前記圧電素子に対する対向面間距離を前記ケースの内径の 0.1 倍以下になるように設定した前記圧電素子および前記振動板の振動空間を画成することを特徴とする請求項 1 に記載の加速度センサー。

【請求項 3】 前記振動板および前記圧電素子をドーナツ形状に形成して、前記圧電素子を固設した前記振動板の中央部を、前記圧電素子の電極に電氣的に接続する接続用端子を配設して外部コネクタと接続する、前記ケースの接続側ケースに立設した支柱により支持させ、

固定側ケースと前記接続側ケースの端部を嵌合することにより、前記固定側ケースの前記圧電素子に対する対向面間距離および前記接続側ケースの前記振動板に対する対向面間距離を前記ケースの内径の 0.1 倍以下になるように設定した前記圧電素子および前記振動板の振動空間を画成することを特徴とする請求項 1 に記載の加速度センサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、加速度センサーに関し、詳しくは、閉塞空間内で振動する振動板に圧電素子を固設したものに關する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、実用化されている加速度センサーとしては、電磁型、圧電型、半導体型等の種々の方式により加えられた加速度を検出するものが知られており、そのうちの圧電型にあっては、圧電素子が屈撓することによって加えられた加速度を検出するものがある。このような加速度センサーは、特に車載用等に多用されており、ノッキング制御やエアバッグ制御などに必要な加速度を検出する。

【0003】

この種の圧電型の加速度センサーとしては、例えば、図9に示すようなものがある。この加速度センサー100は、枠形状に形成した金属製の固定側ケース101の底面中央に支柱101aを一体に立設して、図10に示すように、その支柱101aに円盤形状に形成した金属製の振動板102を溶接して支持するとともに、この振動板102の上面にドーナツ形状に形成した圧電素子103を同軸となるように接着することにより構成されている。圧電素子103には、表裏の両面に同軸となるように検出電極104が形成されており、検出電極104の一方には振動板102が導通接触されているとともに、他方の検出電極104にはワイヤボンディング等による半田105aによって接続されたワイヤ105を介して、外部のコネクタに接続する碗形状に形成した樹脂製の接続側ケース106に設けられている接続ピン107に接続されている。なお、固定側ケース101と接続側ケース106とは、互いの開放端部101c、106cを嵌合してかしめることにより、画成する振動空間内に振動板102と圧電素子103を内装するとともに、開放端部101c、106cの間にリング108を挟み込んでその振動空間を防水構造に組み立てている。

【0004】

また、この種の圧電型の加速度センサーとしては、図 1 1 に示すようなものもある。この加速度センサー 1 1 0 は、枠形状に形成した金属製の固定側ケース 1 1 1 の開放端部 1 1 1 c に、円盤形状に形成した金属ベース 1 1 2 を溶接するとともに、その上に外部コネクタに接続する接続ピン 1 0 7 を設けられている円盤形状のコネクタ 1 1 6 を重ねてかしめることにより、振動板 1 0 2 および圧電素子 1 0 3 を収装する振動空間を画成するようになっており、この圧電素子 1 0 3 を固設された振動板 1 0 2 は、固定側ケース 1 1 1 に支柱を設けることなく、金属ベース 1 1 2 に立設した支柱 1 1 2 a に支持させるようになっている。具体的には、振動板 1 0 2 および圧電素子 1 0 3 を双方共にドーナツ形状に形成するとともに、コネクタ 1 1 6 の樹脂材料により絶縁性を保持しつつ金属ベース 1 1 2 の支柱 1 1 2 a 内に接続ピン 1 0 7 を貫通させて、その接続ピン 1 0 7 と圧電素子 1 0 3 の検出電極 1 0 4 に接続円盤 1 1 5 を半田 1 1 5 a により固設することによって、振動可能に支持するようになっている。なお、この加速度センサー 1 1 0 では、固定側ケース 1 1 1 の内周面と金属ベース 1 1 2 の外周面との間に O リング 1 1 8 を挟み込むことにより振動空間を防水構造に組み立てられており、振動板 1 0 2 や圧電素子 1 0 3 の振動を妨げないように、接続円盤 1 1 5 の剛性は極力小さくするのが好ましいが、接続円盤 1 1 5 に代えて、振動板 1 0 2 を支柱 1 1 2 a に溶接すると共に検出電極 1 0 4 にはワイヤ 1 0 5 により電氣的に接続するようにすることもできる。

#### 【 0 0 0 5 】

これら加速度センサー 1 0 0、1 1 0 は、固定側ケース 1 0 1、1 1 1 の下面側に設けた雄ねじ 1 0 1 b、1 1 1 b をねじ込んだエンジン等の検出対象の振動を加えられたときに、振動板 1 0 2 の振動に応じて圧電素子 1 0 3 に生じる電圧を固定側ケース 1 0 1、1 1 1 や金属ベース 1 1 2 をアースとして検出電極 1 0 4 から接続ピン 1 0 7 を介して取り出し、その加速度を検出することができるようになっている。

#### 【 0 0 0 6 】

このような加速度センサーは、一定加速度の振動に対する周波数特性を図 1 2 に実線で示すように、共振点  $f_0$  付近では高い Q を得られる一方、中・低周波数

領域では平坦となる周波数特性であるので、一般的には、使用目的に応じて平坦部または  $f_0$  近傍の振動出力を使用するようになっており、実質的に使用帯域の上限はこの共振点  $f_0$  近傍までとなる。例えば、 $f_0$  近傍を利用する場合、その高い  $Q$  を利用してフィルターと同様な使い方をするが、 $Q$  が高すぎるため僅かな  $f_0$  ずれでも検知出来ないことがある等の不便さがある。このことから、一般的には、図 13 に示すように、抵抗  $[R]$  を圧電素子 3 と並列に接続して、図 12 に破線で示すように、ローカットして使用することによって、 $Q$  を適度に小さくし前記欠点を解消して使用している。なお、感度という面からすると、図 9 に示す加速度センサー 100 よりも、図 11 に示す加速度センサー 110 の方が高感度化が可能であることが実験的に分かっており、これは金属ベース 112 上に振動板 102 が構成されているためであると考えられ、金属ベース 112 が完全な剛体ではなく、加速度により振動板 102 と同様に僅かではあるが振動するため、振動板 102 の振動がトランスのように機能して増幅される様な働きをするためと考えられる。このような加速度センサーの使用例としては、特開昭 58-142227 号公報に記載されている。

#### 【0007】

なお、圧電素子 103 に形成する電極としては、小径の励振電極と大径の検出電極とに 2 分割して同軸二重となるように形成してもよく、励振電極を介して圧電素子 103 に外部から交流電圧を印加することにより圧電素子 103 の圧電効果により振動板 102 を振動させ、この振動により生じる検出電極の出力からセンサー機能の良否や故障の有無の自己診断あるいは検出レベルの校正をすることができるようにしたものもある。また、この従来技術では、中央に立設する支柱 101a、112a により振動板 102 を支持させるが、円盤形状の周縁部をクランプするタイプや、棒状の振動板を片持ちに固定するタイプなど種々の方式がある。また、圧電素子 103 の検出電極 104 と接続ピン 107 との間に電気インピーダンス変換器、アンプ、補正回路等の電子部品を設けられているプリント基板をワイヤ 105 によって接続して内蔵させるものもあり、固定側ケース 101、111 などにアースを兼用する接続ピン 107 のみの一端子タイプの他にも、そのアースを出力端子に引き出した二端子タイプのものもある。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような従来の加速度センサーにあっては、振動板102および圧電素子103は、通常、図12に示す周波数特性の共振点 $f_0$ 近傍では、図14に示すような特性を示すが、この振動板102および圧電素子103の振動する空間のサイズなどによっては、音響的定在波が発生することによって、例えば、図15に示すように、 $f_0$ 近傍等に二つの共振が発生すると、この共振の位相差によりスプリアスとなる大きな反共振（ディップ）が発生して、加速度センサーの特性劣化となってしまう場合がある。また、振動空間に音響的共鳴が発生する場合もあり、この場合にも同様に、 $f_0$ 近傍等にスプリアスとなるディップが生じてしまい特性劣化となる。

## 【0009】

このスプリアスは、音響的に発生するため、発生周波数が音速 $[u]$ により変化することになる。例えば、温度が20℃から120℃に変化すると、音速 $[u]$ は、次式から、約1.18倍に上昇することが分かる。

$$[u] = 331.45 + 0.607 \cdot T \text{ (m/s)} \quad T: \text{温度 (℃)}$$

## 【0010】

このため、常温で発生しなかったディップが高温時に発生したり、逆に図15に示すように、常温で大きなディップが発生して高温時には小さくなる等の現象が現れることがある。このスプリアスの解明はなされていないことから、加速度センサーを設計する際には、所望の共振周波数 $f_0$ を有する振動系を構成するとともに、スプリアスの弊害の有無に応じて寸法変更を繰り返す等の試行錯誤を行って、測定対象に適した加速度センサーを設計するという、煩雑な作業が強いられるという問題があった。

## 【0011】

このことから、所望の全使用帯域または広帯域で各種の $f_0$ を有する加速度センサーを、共通化したケース構造内に収装可能に設計することが困難であるという問題もあった。

## 【0012】

本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、反共振のディップによるスプリアスの発生を簡単な構造により低減することを実現して、特に、共振周波数  $f_0$  近傍を使用する場合に大きな効果を得ることができる、低価格で高い性能を有する加速度センサーを提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 3 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の加速度センサーは、振動板の片面または両面に、平板形状に形成した圧電素子を固設して、加えられた加速度に応じた前記振動板の振動変形により前記圧電素子に発生する電圧によって前記加速度を検出する加速度センサーであって、前記圧電素子および前記振動板の振動方向の空間距離を、前記圧電素子および前記振動板の平面方向の空間距離の 0.1 倍以下になるように設定したケース内に、前記圧電素子および前記振動板を収装した構成を有している。

## 【 0 0 1 4 】

この構成により、振動板および圧電素子は、ケースの内径などの平面方向の間隔よりも対向面間距離を 0.1 倍以下に設定された振動空間内で、加えられた加速度に応じて振動することになり、ケース内部での音響的定在波を防止することができ、また、内部空間を小さくすることにより音響的共鳴周波数を使用帯域の上限外となるように構成して、反共振のディップの発生を低減することができる。したがって、振動空間内に収装可能に振動板および圧電素子の外形を設計するだけの、ケースの共通化を実現することができると共に、簡単な構造でスプリアスの発生を防止することができ、特に、共振周波数  $f_0$  近傍を使用する場合に大きな効果を得ることができる高性能の加速度センサーを低価格で作製することができる。なお、振動板および圧電素子の外側面とケースの内側面との隙間は、通常通りに、振動板および圧電素子の振動を妨げない程度の間隔になるように狭く設定すればよい。

## 【 0 0 1 5 】

ここで、本発明に係る加速度センサーは、前記振動板を円盤形状に形成するとともに前記圧電素子をドーナツ形状に形成して、前記圧電素子を固設した前記振動板の中央部を、前記ケースの固定側ケースに立設した支柱により支持させる一

方、前記圧電素子の電極に電氣的に接続する接続用端子を前記ケースの接続側ケースに配設し、前記固定側ケースと前記接続側ケースの端部を嵌合することにより、前記固定側ケースの前記振動板に対する対向面間距離および前記接続側ケースの前記圧電素子に対する対向面間距離を前記ケースの内径の 0.1 倍以下になるように設定した前記圧電素子および前記振動板の振動空間を画成する構成としたり、

#### 【0016】

また、前記振動板および前記圧電素子をドーナツ形状に形成して、前記圧電素子を固設した前記振動板の中央部を、前記圧電素子の電極に電氣的に接続する接続用端子を配設して外部コネクタと接続する、前記ケースの接続側ケースに立設した支柱により支持させ、固定側ケースと前記接続側ケースの端部を嵌合することにより、前記固定側ケースの前記圧電素子に対する対向面間距離および前記接続側ケースの前記振動板に対する対向面間距離を前記ケースの内径の 0.1 倍以下になるように設定した前記圧電素子および前記振動板の振動空間を画成する構成を採用することができる。

#### 【0017】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面に基づいて説明する。図 1～図 7 は本発明に係る加速度センサーの第 1 実施形態を示す図である。

#### 【0018】

まず、加速度センサーの構造を説明する。

図 1 において、加速度センサー 10 は、固定側ケース 11 と、振動板 12 と、圧電素子 13 と、接続側ケース 16 と、リング 18 とを組み立てることにより作製されており、図 9 に示す従来技術と同様に、円盤形状に形成した金属製の振動板 12 上に、ドーナツ形状に形成して表裏面に検出電極 14 を成膜した圧電素子 13 を同軸となるように接着されることにより、例えば、エンジン等の検出対象の振動を加えられたときに、振動板 12 を介して与えられる応力歪みにより圧電素子 13 に電荷 [Q] が発生し、その圧電素子 13 の静電容量 [C] に応じて生じる次式で示す大きさの電圧 [V] を取り出し、加えられた加速度を検出する

ようになっている。

$$[V] = Q / C$$

【 0 0 1 9 】

固定側ケース 1 1 は、円形の底面を有する有底の円筒枠形状に金属材料により形成されており、その底面中央には、圧電素子 1 3 を一面側に固設した振動板 1 2 を溶接して支持するように支柱 1 1 a を一体形成されるとともに、下面側には、エンジンなどの検出対象に設けられているねじ穴に螺合させて固定する雄ねじ 1 1 b を設けられている。

【 0 0 2 0 】

接続側ケース 1 6 は、固定側ケース 1 1 と略同径の有底円筒枠形状に樹脂材料により形成されており、その底面中央に貫通する接続ピン 1 7 を中央にする外部コネクタを接続可能なコネクタ部 1 6 a を固定側ケース 1 1 の背面側に位置するように一体成形されている。この接続ピン 1 7 には、圧電素子 1 3 の検出電極 1 4 にワイヤボンディング等により電氣的に導通固定したワイヤ 1 5 を半田 1 5 a によって接続されて、圧電素子 1 3 に生じた圧電  $[V]$  を外部に取り出すことができるようになっている。

【 0 0 2 1 】

これら固定側ケース 1 1 および接続側ケース 1 6 とは、互いに突き合う円筒形状端部 1 1 c、1 6 c を嵌合させて、内部に振動板 1 2 および圧電素子 1 3 の振動体 1 9 を振動可能に収装する空間  $V$  ( $V 1$ 、 $V 2$ ) を画成するようになっており、円筒形状端部 1 1 c の大径壁部 1 1 d と小径壁部 1 1 e の間に  $O$  リング 1 8 をセットするとともに円筒形状端部 1 6 c を挟み込むように嵌め込んで、その固定側ケース 1 1 の大径壁部 1 1 d を接続側ケース 1 6 の角部を押さえるようにかしめることにより、その振動空間  $V$  を防水構造に組み立てるようになっている。

【 0 0 2 2 】

また、固定側ケース 1 1 および接続側ケース 1 6 の内部に画成する振動空間  $V$  ( $V 1$ 、 $V 2$ ) は、固定側ケース 1 1 および接続側ケース 1 6 の内周壁面を、振動板 1 2 よりも大きな内径  $\phi A$  ( $\phi A 1$ 、 $\phi A 2$ ) に設定する一方、振動板 1 2 および圧電素子 1 3 の厚さ  $D$  に、その振動板 1 2 下面から固定側ケース 1 1 の底

面までの対向面間距離  $L_1$  と、その圧電素子 13 上面から接続側ケース 16 の底面までの対向面間距離  $L_2$  とを加えた固定側ケース 11 および接続側ケース 16 の底面間距離を設定する際には、固定側ケース 11 と接続側ケース 16 のそれぞれの対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  が、内周壁面の内径  $\phi A$  に対して 0.1 倍以下になるように設定されている。したがって、固定側ケース 11 および接続側ケース 16 の画成する振動空間  $V$  は、従来技術よりも、振動板 12 および圧電素子 13 の振動方向の空間距離  $L$  を狭くした薄型に設定されている。

## 【 0 0 2 3 】

次に、加速度センサー 10 の寸法設計を説明する。

加速度センサー 10 は、図 2 に示すように、固定側ケース 11 および接続側ケース 16 の内部に画成する振動空間  $V$  ( $V_1$ 、 $V_2$ ) 内に、振動板 12 および圧電素子 13 の振動体 19 を振動可能に収装するものとしてモデル化することができる。この振動空間  $V$  内に発生する音響的定在波は、基本的に閉ざされた壁面間または一端が開放された管状の構成を持つ筐体内に音源がある場合に発生し、その音源の最大振幅部が波長の最大点となり易く、壁面の材質・形状の非対称等々により、発生の仕方が変化して複雑さを増すために理論的解析は難しいが、一般的には、定在波の発生周波数  $[f_c]$  は概略次式で示されるので、この  $f_c$  の整数倍で発生し、また、この  $f_c$  は音速  $[u]$  に比例することが分かる。

$$[f_c] = u / \lambda \quad u : \text{音速 (m/s)} \quad \lambda : \text{波長 (m)}$$

## 【 0 0 2 4 】

このことから、加速度センサー 10 内で発生する定在波は、基本的に閉塞壁間の場合にはその距離  $b$  が  $\lambda / 2$  となる周波数であり、開放端の場合は  $\lambda / 4$  となる周波数となる。つまり、加速度センサー 10 内で発生する定在波の周波数  $[f_c]$  は、それぞれ次式で示される。なお、閉塞壁間の場合でも、片側の壁の材質が吸音性の強い材料である場合等は  $\lambda / 2$  ではなく、 $\lambda / 4$  となることもある。

$$\text{閉塞壁間の場合} \quad [f_c] = u / (2 \times b)$$

$$\text{開放端の場合} \quad [f_c] = u / (4 \times b)$$

## 【 0 0 2 5 】

このように、振動空間  $V$  を単に画成するのでは、図 2 に矢印付破線で波の状態

（腹・節）を模擬的に示すように、基本的に発生し易い定在波が存在するが、加速度センサー 10 にあっては、この定在波による発生周波数  $[f_c]$  を所望の使用帯域外（一般的には上限外）にしたり、音響抵抗等の効果により発生自体を抑えるように設計する。

## 【 0 0 2 6 】

例えば、加速度センサーの一般的使用帯域は  $f_o = 20$  (kHz) 以下であるから、定在波による周波数を  $20$  (kHz) 以上とすればよい。ここで、図 2 中の振動空間 V の高さ L 方向（振動方向）の定在波を後述する音響抵抗等により防止するためには、振動空間 V 内に吸音材等を付加することがまず考えられるが構造を複雑化するため適さないので、定在波による発生周波数  $[f_c]$  を使用帯域外とすることを検討する。

## 【 0 0 2 7 】

この L 方向の定在波を考えた場合には、最も低い周波数は L が  $\lambda / 2$  となる周波数であるが、材質によって開放端の構造に近い場合は  $\lambda / 4$  となる周波数であることから、上記式から、 $u = 343.59$  (m)、 $f_c = 20$  (kHz) として、L 寸法を求めると、次のようになる。この寸法では、現実的なサイズであり、比較的容易に L 方向の定在波を防止することができる。

$$\lambda / 2 \text{ の場合} \quad L \leq 8.59 \text{ (mm)}$$

$$\lambda / 4 \text{ の場合} \quad L \leq 4.29 \text{ (mm)}$$

## 【 0 0 2 8 】

一方、振動空間 V の径  $\phi A$  方向の定在波に関しては、例えば、共振タイプの使用帯域下限を考えた場合には、その共振周波数  $f_o$  は  $6 \sim 7$  (kHz) 程度で、 $f_o$  は振動体 19 の板厚・半径（外径）・材質等で決まってくることから、この振動体 19 を振動可能に収装する振動空間 V の径方向の寸法  $\phi A$  はおのずと決まってくる。下記条件の場合には、約  $f_o = 7.095$  (kHz) である。

## 【 0 0 2 9 】

< 固定側ケース 11 の支柱 11 a >

径:  $\phi 4.3$  (mm)

## 【 0 0 3 0 】

<振動板 1 2>

外径／内径： $\phi 21.6 / 3.1$  (mm)

板厚：0.4 (mm)

ヤング率  $E = 2 \times 10^{11}$  (N/m<sup>2</sup>)

密度  $\rho = 7.8 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)

ポアソン比  $\sigma = 0.28$

【0031】

<圧電素子 1 3>

外径／内径： $\phi 15.8 / 3.1$  (mm)

板厚：0.38 (mm)

ヤング率  $E = 6.3 \times 10^{10}$  (N/m<sup>2</sup>)

密度  $\rho = 7.65 \times 10^3$  (kg/m<sup>3</sup>)

ポアソン比  $\sigma = 0.34$

【0032】

この振動体 1 9 の条件の場合には、加速度センサー 1 0 の外観が大きくなるのを避けるため、固定側ケース 1 1 および接続側ケース 1 6 の内周壁面を内径  $\phi A = 23$  (mm) 程度で構成し（極低い共振周波数  $f_0$  の場合には、振動体 1 9 の板厚  $D$  を薄くする等により外径を小さくし、この内径  $\phi A$  内となるように設計される）、定在波の周波数は  $\lambda / 2$  から約  $f_c = 7.47$  (kHz) となり、使用帯域に定在波が発生する恐れがあることが分かる（ $\lambda / 4$  の定在波の場合には構成上から  $\lambda / 2$  の定在波の場合よりも  $f_c$  は必然的に多少高くなる）。また、この振動体 1 9 の外径では、固定側ケース 1 1 および接続側ケース 1 6 の内周壁面を内径  $\phi A = 23$  (mm) より小さくすることはできないので、振動空間  $V$  内に定在波が発生するのを防止するには、定在波の周波数  $f_c$  を使用帯域外に持っていく方法では対応できないことがわかる。

【0033】

このことから、内径  $\phi A$  方向の定在波の発生を防止するには、振動空間  $V$  内の音響抵抗を大きくする方法を検討する必要がある。構造を複雑化しないように振動空間  $V$  内に吸音材等を付加することなく、音響抵抗を大きくするには、空気

の性質である粘性（摩擦）抵抗を利用することが考えられる。

#### 【 0 0 3 4 】

例えば、直方体の空気層の音響抵抗  $[\gamma]$  は一般的に次式で示されることから、音響抵抗  $[\gamma]$  を大きくするには空気層の高さ  $h$  の寸法を小さくするのが効果的であることが分かる。この対策は  $L$  方向の定在波の発生防止にも繋がるので最適な方法と言える。

$$[\gamma] = 12 \times \mu \times d / (w \times h^3)$$

$\mu$  : 空気の粘性抵抗

$d$  : 空気層の長さ

$w$  : 空気層の幅

$h$  : 空気層の高さ

#### 【 0 0 3 5 】

このため、固定側ケース 11 と接続側ケース 16 の底面から振動体 19 の表裏面までの対向面間距離  $L1$ 、 $L2$  に関して、定在波の発生しない値を実験的に求めた結果、この対向面間距離  $L1$ 、 $L2$  を、固定側ケース 11 と接続側ケース 16 の内周壁面の内径  $\phi A$  の約 0.1 倍以下に構成することが望ましいことが分かった。なお、支柱 11a の有無によるものと考えられるが、固定側ケース 11 底面との間の振動空間  $V1$ （距離  $L1$ ）側よりも、接続側ケース 16 底面との間の振動空間  $V2$ （距離  $L2$ ）側の方が定在波の発生に影響が大きかったので、特に重要である。

#### 【 0 0 3 6 】

なお、対向面間距離  $L1$ 、 $L2$  の下限値としては振動板 12 の振動代を確保できる値が望ましい。

#### 【 0 0 3 7 】

このように、内径  $\phi A = 23$  (mm) のときには、対向面間距離  $L1$ 、 $L2 \leq 2.3$  (mm) となり、内径  $\phi 19$  (mm) のときには、対向面間距離  $L1$ 、 $L2 \leq 1.9$  (mm) となって、 $L$  方向の定在波による結果と比較した場合、振動体 19 の厚さ  $D$  にもよるが、開放端の場合の  $\lambda/4$  時以外は内径  $\phi A$  方向の結果が寸法設定時には優先的に決定することになる。

## 【0038】

そして、振動空間Vの音響的共鳴周波数に関して、まず、図3に示すように、音響的共鳴（ヘルムホルツの共鳴管）周波数 $f_h$ を説明するための断面図例から検討すると、容積 $v$ の気室Rが面積 $s$ で長さ $d_a$ の細孔Hが形成されている場合に、この気室Rと細孔Hにより共鳴を生じるとき、その共鳴周波数 $[f_h]$ は次式で示される。この音響共鳴による $[f_h]$ も音速 $[u]$ に比例することが分かる。

$$\begin{aligned} f_h &= (1/2\pi) \times (S_o/m_o)^{1/2} \\ &= (u/2\pi) \times (s/(d_a \times v))^{1/2} \end{aligned}$$

$S_o$  : 空気のスティフネス

$m_o$  : 空気のmass

$\rho$  : 空気の密度

$$S_o = \rho \times u^2 / v$$

$$m_o = \rho \times d_a / s$$

## 【0039】

この音響共鳴例に加速度センサー10の振動空間Vを当てはめると、図4に示すように、モデル化することができ、 $m_o$ は振動体19の外周面とケース11、16の内周壁面（内径 $\phi A$ ）との間のmassであり、その隙間 $\eta$ がある程度小さくなると音響抵抗 $r_o$ が無視できなくなる。実測したところ、隙間 $\eta$ が約0.3 (mm) 程度以下では、音響共鳴は発生していないことを確認することができた。なお、固定側ケース11と接続側ケース16により画成される振動空間V1、V2では、それぞれで異なる空気のスティフネス $S_{o1}$ 、 $S_{o2}$ の値をとることになる。

## 【0040】

この加速度センサー10の振動空間Vのモデルは、図5に示す等価回路で表すことができ、この等価回路から音響的共鳴は二周波数で発生するように思われるが、実測では一周波数であることが確認された。この原因に関しては明確ではないが、計算値では空気のスティフネス $S_{o1}$ 、 $S_{o2}$ が並列接続になった場合と概略一致した。

## 【0041】

ただし、音響共鳴の周波数  $[f_h]$  の上記式から、細孔  $H$  の面積  $s$ 、長さ  $d_a$  によるコントロールに関しては振動体 19 の寸法とケース 11、16 の内周壁面の内径  $\phi A$  から決定されることから、所望の共振周波数  $[f_o]$  により決定されると言えるので、ケース 11、16 を共用化して振動体 19 の外径寸法を変化させることにより所望の共振周波数  $[f_o]$  を得られるようにするのは適さない。

## 【0042】

このことから、音響共鳴の周波数  $[f_h]$  をコントロールし易いのは気室  $R$  の容積  $v$  ということになり、この周波数  $[f_h]$  を使用帯域上限外に高くするためには容積  $v$  を極力小さくする必要があることが分かる。

## 【0043】

したがって、定在波の対策と同様に、固定側ケース 11 と接続側ケース 16 の振動体 19 との間の対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  を小さく構成することが最適であり、この場合も同様に実測して確認したところ、この対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  は、ケース 11、16 の内周壁面の内径  $\phi A$  の約 0.1 倍以下とする必要があることが分かった。

## 【0044】

また、音響的共鳴の場合、固定側ケース 11 および接続側ケース 16 と振動体 19 により画成される振動空間  $V_1$ 、 $V_2$  の並列接続と考えられるので、双方の対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  を完全に小さくする必要はなく、ある程度小さくなれば、この対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  の片側を積極的に小さくしても良いと考えられる。但し、この場合は対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  の片側をケース 11、16 の内周壁面の内径  $\phi A$  の約 0.05 倍程度以下まで小さくする必要があることが実測したところ確認された。

## 【0045】

したがって、ケース 11、16 を共用化して、振動体 19 の主に外径寸法を変化させるのみで広い所望の帯域に対応する場合には、上限の共振周波数  $[f_o]$  でも音響共鳴が使用帯域で発生しないように固定側ケース 11 および接続側ケー

ス 16 と振動体 19 により画成される振動空間 V1、V2 を狭く構成すれば良いことになる。

#### 【0046】

例えば、比較的小さな振動空間 V1、V2 の場合には、図 6 のグラフに示すように、同一振動体 19（同一外径）でケース 11、16 の内径  $\phi A$  を変化させることにより隙間  $\eta$  を変化させたとき、一定の共振周波数  $[f_o]$  に対する共鳴周波数  $[f_h]$  の変化から、隙間  $\eta$  がある程度大きくなると共鳴周波数  $[f_h]$  は飽和状態になることが分かり、これは共鳴周波数  $[f_h]$  を示す上記式における  $s$ 、 $v$  の変化からも推測することができる。この結果から、ある程度の隙間  $\eta$  がある場合には、共鳴周波数  $[f_h]$  は振動体 19 の外径でほぼ決まってくることが分かる。

#### 【0047】

また、ケース 11、16 の同一内径  $\phi A$  で振動体 19 の外径を変化させることにより隙間  $\eta$  を変化させた場合には、図 7 の同様なグラフに示すように、共振周波数  $[f_o]$  と共鳴周波数  $[f_h]$  は、異なる勾配で共に直線的な変化をすることから、振動空間 V1、V2 を小さく構成して、共鳴周波数  $[f_h]$  を共振周波数  $[f_o]$  よりも高く設定することにより、その  $f_o$  に弊害を与えないことが分かる。

#### 【0048】

このように本実施形態においては、振動板 12 および圧電素子 13 は、ケース 11、16 の底面との間に画成される振動空間 V1、V2 の対向面間距離  $L1$ 、 $L2$  を、そのケース 11、16 の平面方向の内径  $\phi A$  の 0.1 倍以下に設定することにより、その振動空間 V 内で音響的定在波が発生するのを防止することができる。また、この振動空間 V を小さくすることによって、音響的共鳴周波数  $[f_h]$  を使用帯域の上限外となるように構成することができる。したがって、従来技術の寸法設定では、防止することが困難であった反共振のディップによるスプリアスの発生を安価に作製可能な簡易な構成により防止することができる。また、その振動空間 V を画成するケース 11、16 を共通化しても、その振動空間 V 内に収装する振動板 12 および圧電素子 13 の外径を変化させるだけで、スプリア

スの発生を防止することができ、特に、共振周波数  $f_0$  近傍を使用する場合に大きな効果を得ることができる。

#### 【 0 0 4 9 】

次に、図 8 は本発明に係る加速度センサーの第 2 実施形態を示す図である。なお、本実施形態では、上述実施形態と同様に構成されているので、同様な構成には同一の符号を付して特徴部分を説明する。

#### 【 0 0 5 0 】

図 8 において、加速度センサー 20 は、振動板 12 および圧電素子 13 を備えて、上述実施形態における固定側ケース 11 と、接続側ケース 16 と、リング 18 とに代えて、固定側ケース 21、金属ベース 22 と、コネクタ 26 と、リング 28 とを組み立てることにより作製されており、図 11 に示す従来技術と同様に、振動板 12 上に検出電極 14 を形成した圧電素子 13 を接着して、エンジン等の検出対象の振動を振動板 12 を介して圧電素子 13 に与えられる応力歪みによって発生する圧電 [V] として取り出し、加えられた加速度を検出するようになっている。

#### 【 0 0 5 1 】

固定側ケース 21 は、従来技術と同様に、底面中央に支柱を立設されることなく、上述実施形態における固定側ケース 11 よりも深めの円筒枠形状に金属材料により形成されており、その下面にエンジンなどの検出対象に設けられているねじ穴に螺合させて固定する雄ねじ 21b を設けられている。金属ベース 22 は、圧電素子 13 の反対側の振動板 12 に溶接する支柱 22a を中央に立設された固定側ケース 21 と略同径の円盤形状に形成されており、コネクタ 26 は、コネクタ部 26a および円盤部 26b の中央に貫通する接続ピン 17 を金属ベース 22 などから電氣的に絶縁するように樹脂材料により形成されている。この加速度センサー 20 は、金属ベース 22 およびコネクタ 26 が接続側ケースを構成しており、固定側ケース 21 の開放端面 21c 上に金属ベース 22 を溶接するとともに、その上にコネクタ 26 を重ねて、開放端外縁の延長部 21d をかしめてコネクタ 26 角部の上面を押さえることにより、振動板 12 および圧電素子 13 を収装する振動空間 V を画成する。なお、リング 28 は、固定側ケース 21 の開放端

延長部 2 1 d 内面と金属ベース 2 2 の外面との間に挟み込まれて防水性を確保する。

【 0 0 5 2 】

一方、振動板 1 2 および圧電素子 1 3 は、ドーナツ形状に形成されており、その中心に通した金属ベース 2 2 の支柱 2 2 a 内を貫通するコネクタ 2 6 の接続ピン 1 7 と、圧電素子 1 3 の検出電極 1 4 とに接続円盤 2 5 を半田 2 5 a により導通固定することによって、振動可能に支柱 2 2 a に支持させる。

【 0 0 5 3 】

この加速度センサー 2 0 は、固定側ケース 2 1 の底面に向かって接続円盤 2 5 が圧電素子 1 3 上面よりも突出しているため、この振動板 1 2 および圧電素子 1 3 の振動体 1 9 の振動空間 V における対向面間距離 L 1、L 2 を上述実施形態と同様に設定できるように、固定側ケース 2 1 の底面中央に窪み部 2 1 e を形成している。

【 0 0 5 4 】

このため、この加速度センサー 2 0 では、振動板 1 2 および圧電素子 1 3 を振動可能に収装する振動空間 V は、金属ベース 2 2 と振動体 1 9 との間で振動空間 V 1 が画成されるとともに、固定側ケース 1 1 と振動体 1 9 との間で振動空間 V 1 が画成されて、それぞれの対向面間距離 L 1、L 2 は、固定側ケース 2 1 の内周壁面の内径  $\phi A$  の 0. 1 倍以下になるように設定されている。

【 0 0 5 5 】

すなわち、この加速度センサー 2 0 でも、上述実施形態の加速度センサー 1 0 と同様に寸法設計をすればよく、振動板 1 2 および圧電素子 1 3 の振動方向となる振動空間 V の L 方向を狭くした薄型に設定して、効果的に、その L 方向および内径  $\phi A$  方向の定在波の発生を防止することができ、ケース 2 1 や金属ベース 2 2 やコネクタ 2 6 を共用化することができる。

【 0 0 5 6 】

このように本実施形態においては、上述実施形態による作用効果を同様に得ることができる。

【 0 0 5 7 】

なお、上述する実施形態では、振動体 1 9 の板厚  $D$  が比較的薄い場合について説明するが、共振周波数  $[f_0]$  によっては板厚  $D$  を厚く設定するものにも適用することができる。また、振動体 1 9 の振動板 1 2 の外径と圧電素子 1 3 の外径に差が大きい場合などには、対向面間距離  $L_1$ 、 $L_2$  の基準をいずれにするか判断に苦慮するが、各部の占める面積の大小等から影響度を考慮して決定すればよいと考えられ、同様に、内径  $\phi A_1$ 、 $\phi A_2$  に関しても同様に考えれば良い。

【0058】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、平面方向の間隔に対して対向面間距離を 0.1 倍以下に設定されたケース内の振動空間内に収装可能に、振動板および圧電素子の外形を設計するだけで、ケース内部での音響的定在波を防止するとともに、その振動空間を小さくして音響的共鳴周波数を使用帯域の上限外となるように構成し、反共振のディップによるスプリアスの発生を低減することができる。したがって、ケースを共通化することができ、低価格で高い性能を有する加速度センサーを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る加速度センサーの第 1 実施形態を示す図であり、その全体構成を示す縦断面図である。

【図 2】

その音響的定在波の発生を説明する断面モデル図である。

【図 3】

その音響的共鳴の発生を説明する概念断面図である。

【図 4】

その音響的共鳴の発生を説明する断面モデル図である。

【図 5】

その図 4 のモデルにおける概略等価回路図である。

【図 6】

その振動体を固定した場合の周波数の変化を示すグラフである。

【図 7】

その内径を固定した場合の周波数の変化を示すグラフである。

【図 8】

本発明に係る加速度センサーの第 2 実施形態を示す図であり、その全体構成を示す縦断面図である。

【図 9】

その従来技術を示す縦断面図である。

【図 1 0】

その振動体を示す斜視図である。

【図 1 1】

その図 9 と異なる従来技術を示す縦断面図である。

【図 1 2】

その周波数特性例を示すグラフである。

【図 1 3】

その使用例を示す回路図である。

【図 1 4】

その共振周波数  $f_0$  近傍の特性を示すグラフである。

【図 1 5】

その課題を説明するための共振周波数  $f_0$  近傍の特性を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 0、2 0 加速度センサー
- 1 1、2 1 固定側ケース
- 1 1 a、2 2 a 支柱
- 1 1 c 円筒形状端部
- 1 2 振動板
- 1 3 圧電素子
- 1 4 検出電極
- 1 6 接続側ケース
- 1 7 接続ピン

1 9 振動体

2 1 c 開放端面

2 2 金属ベース

2 6 コネクタ

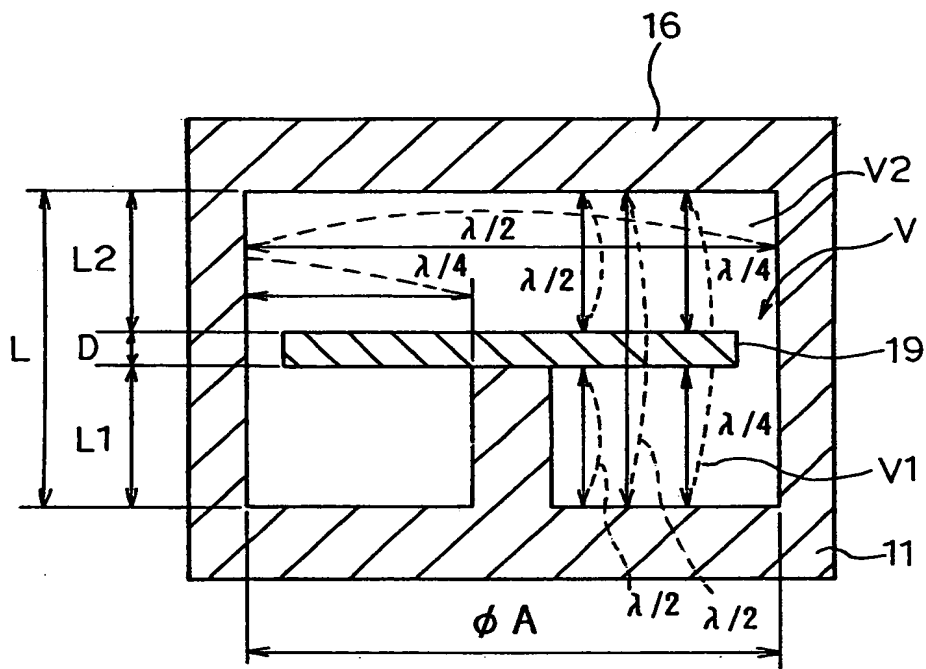
$\phi A$ 、 $\phi A 1$ 、 $\phi A 2$  内径

L 1、L 2 対向面間距離

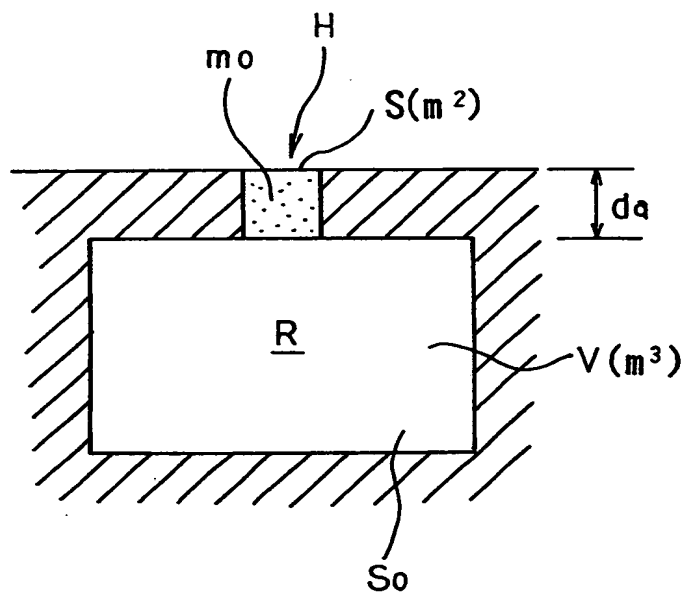
V、V 1、V 2 振動空間



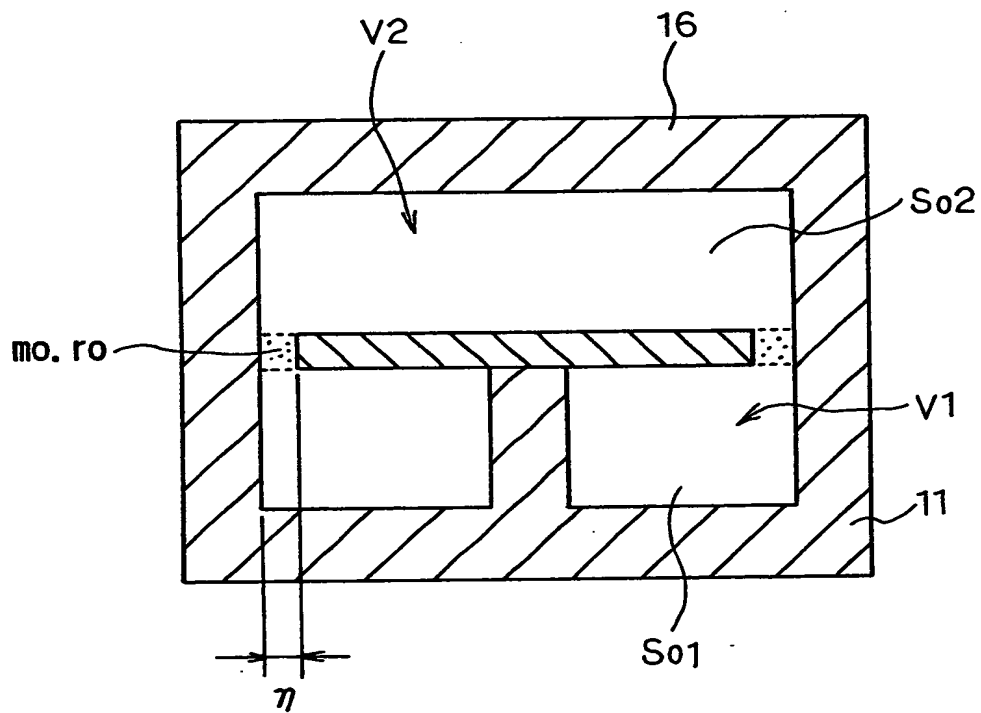
【図 2】



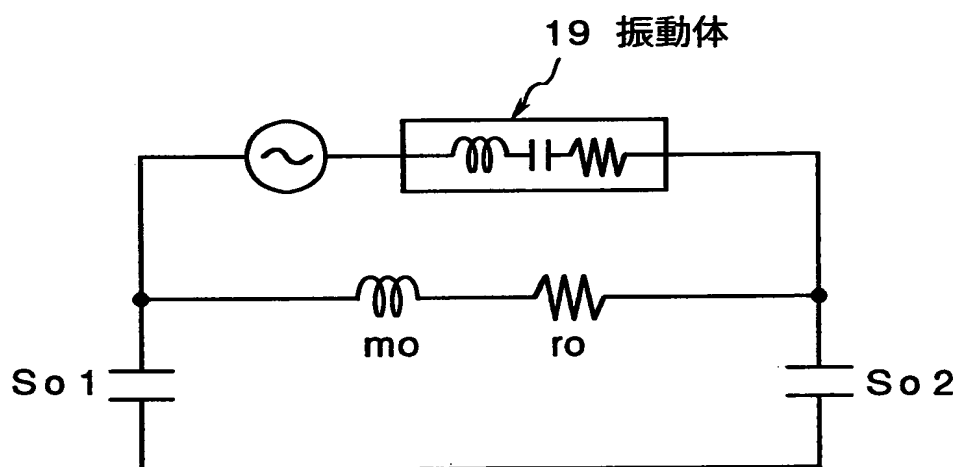
【図 3】



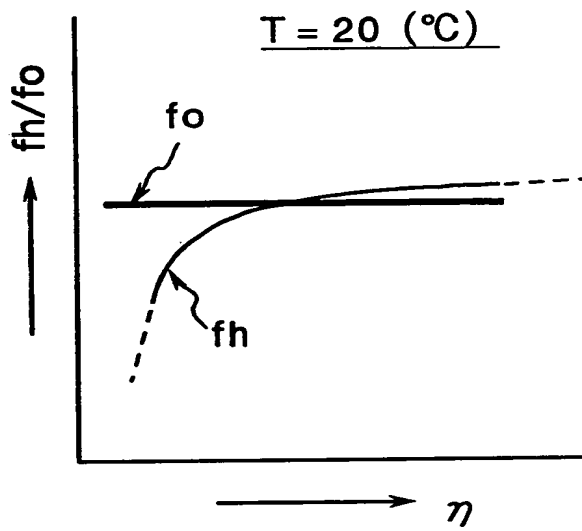
【図 4】



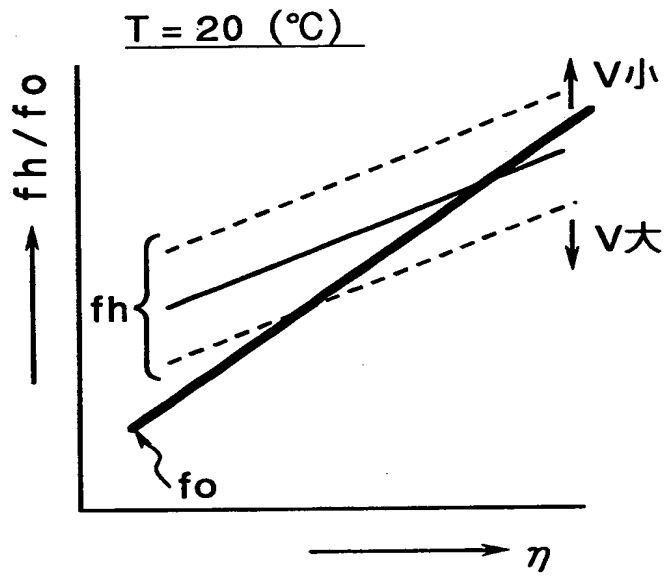
【図 5】



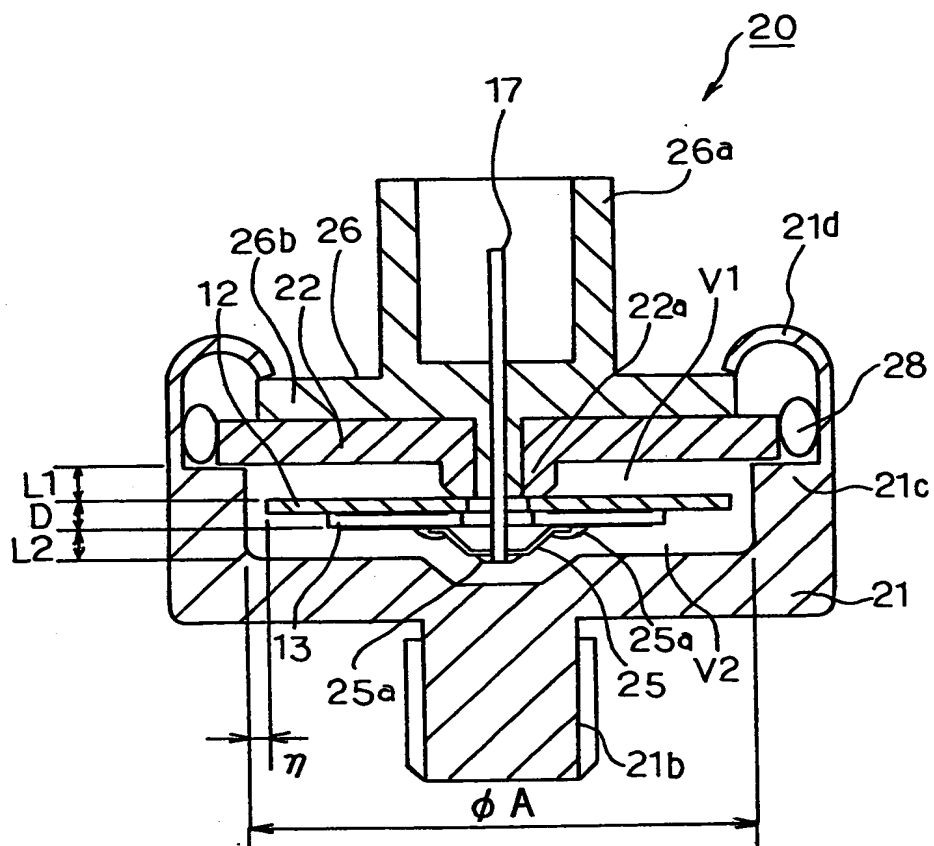
【図 6】



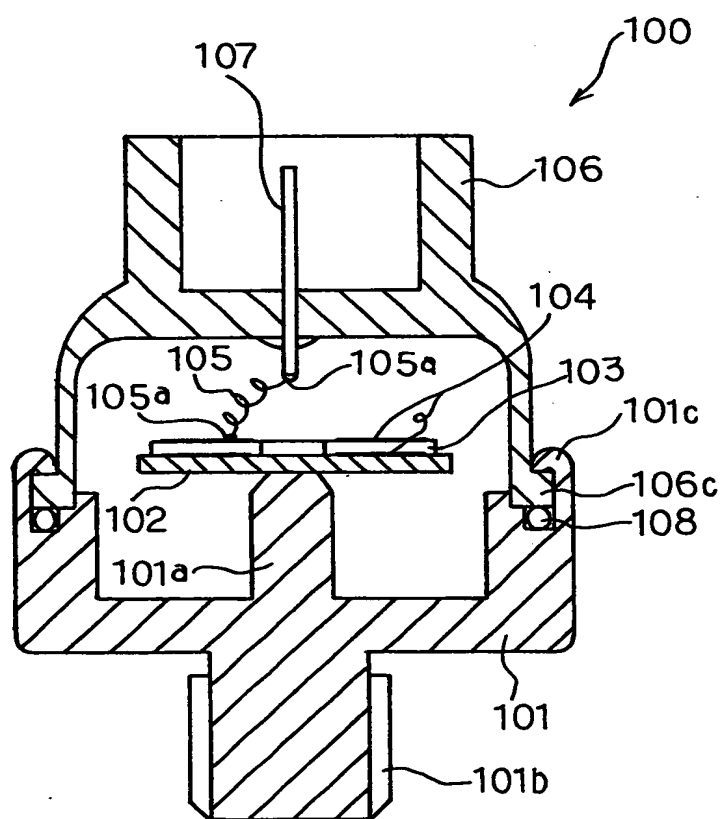
【图 7】



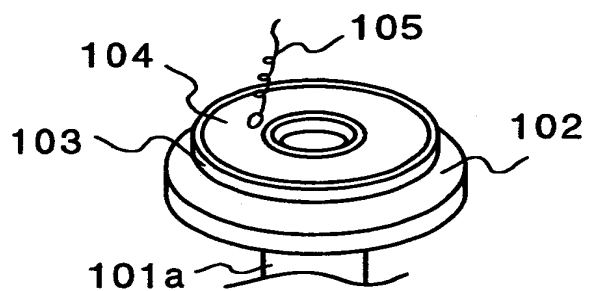
【図8】



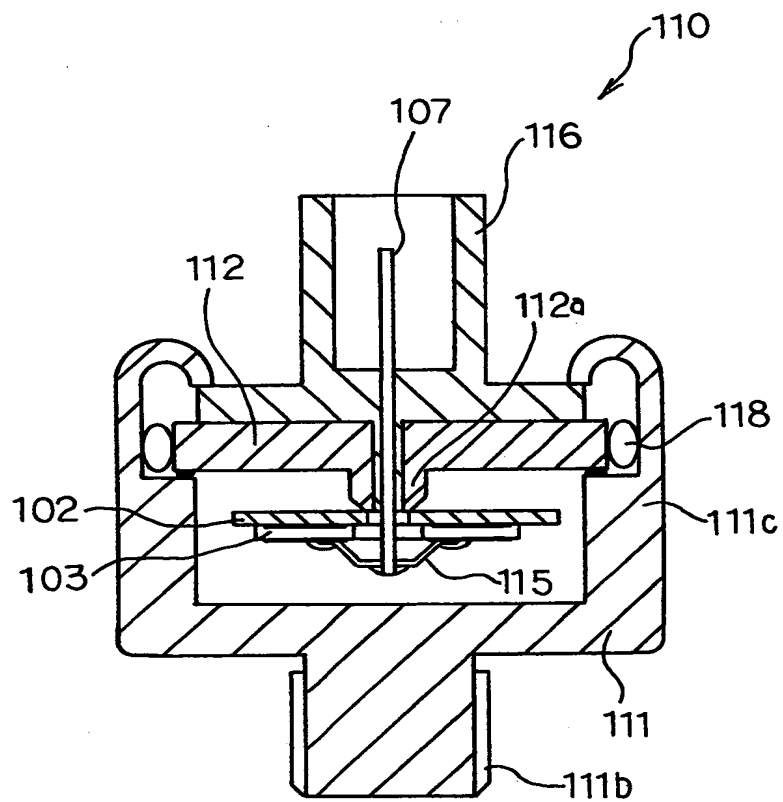
【図9】



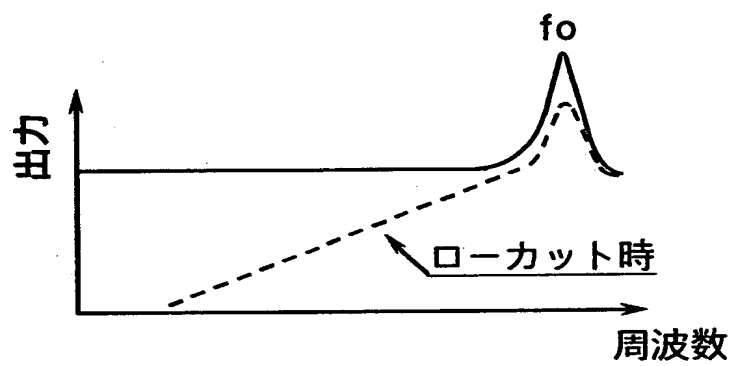
【図 1 0】



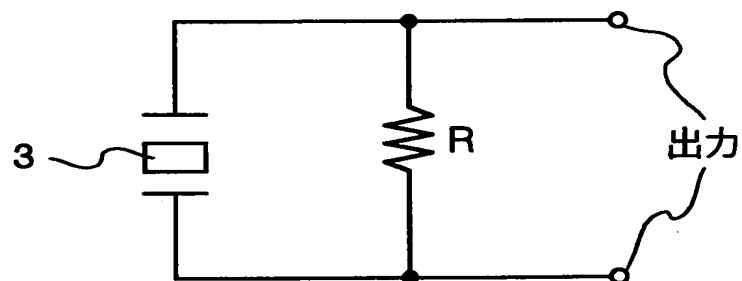
【図 1 1】



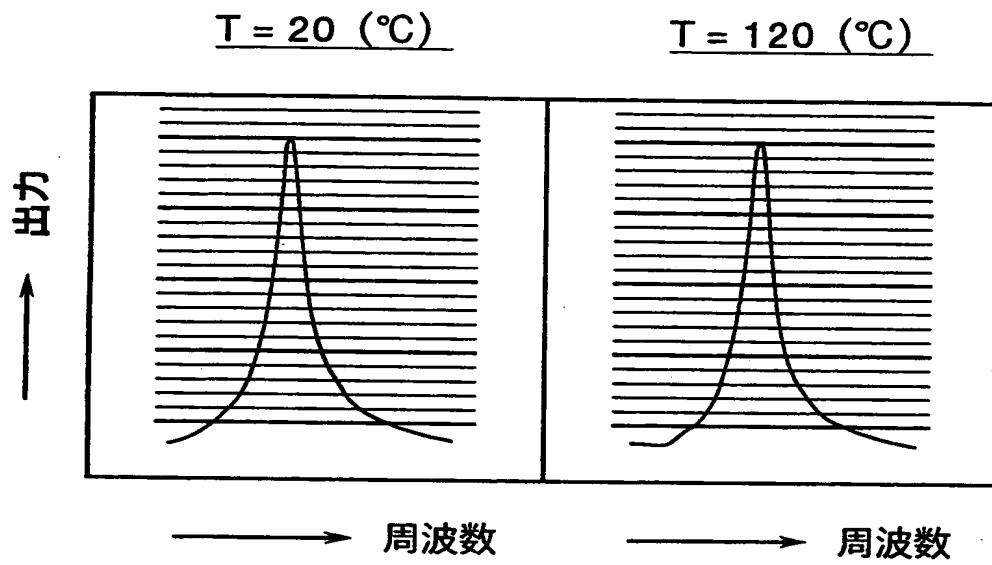
【図 1 2】



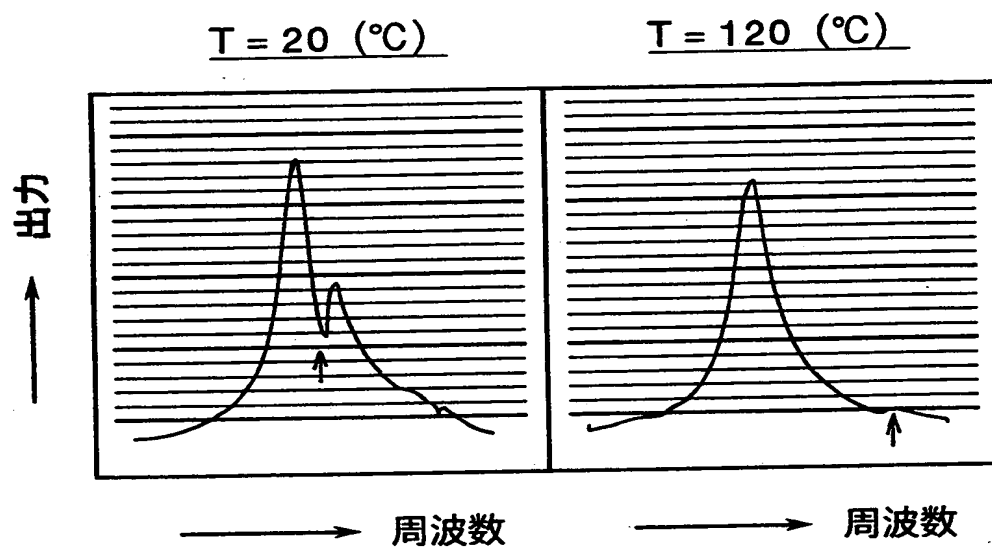
【図 1 3】



【図 1 4】



【图 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反共振のディップによるスプリアスの発生を簡単な構造により低減することを実現して、特に、共振周波数  $f_0$  近傍を使用する場合に大きな効果を得ることができる、低価格で高性能の加速度センサーを提供すること。

【解決手段】 固定側ケース 11 の支柱 11a に圧電素子 13 を接着した振動板 12 を溶接して、接続用ケース 16 と共に画成する振動空間 V 内に収装することにより、振動板 12 の振動に応じて圧電素子 13 に発生する電圧によって加えられた加速度を検出する加速度センサー 10 において、その固定側ケース 11 および接続側ケース 16 の底面と、振動板 12 および圧電素子 13 の振動体 19 における表裏面との間に画成される振動空間 V1、V2 の対向面間距離 L1、L2 を、ケース 11、16 の内径  $\phi A$  の 0.1 倍以下になるように設定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[ 変更理由 ]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社